

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Nobuo KINO et al.

Title: ROLLING ELEMENT FOR A CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION (CVT), A CVT USING THE ROLLING ELEMENT AND A METHOD FOR PRODUCING THE ROLLING ELEMENT

Appl. No.: Unassigned

Filing Date: **NOV 30 2001**

Examiner: Unassigned

Art Unit: Unassigned

JC996 U.S. PTO
09/996755
11/30/01

Handwritten:
#2
C.F.
2/4/02

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- Japanese Patent Application No. 2000-391929 filed December 25, 2000.

Respectfully submitted,

Date NOV 30 2001

By *Richard L. Schwaab*

FOLEY & LARDNER
Washington Harbour
3000 K Street, N.W., Suite 500
Washington, D.C. 20007-5109
Telephone: (202) 672-5414
Facsimile: (202) 672-5399

Richard L. Schwaab
Attorney for Applicant
Registration No. 25,479

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

040679/1252
Kiss et al.
JC996 U.S. PTO
09/996755
11/30/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月25日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-391929

出 願 人

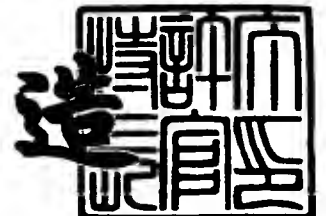
Applicant(s):

日産自動車株式会社

2001年 8月31日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3078939

【書類名】 特許願

【整理番号】 NM00-00478

【提出日】 平成12年12月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F16H 15/38

【発明の名称】 無段変速機用転動体およびその製造方法

【請求項の数】 8

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会
社 内

 【氏名】 木野 伸郎

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会
社 内

 【氏名】 内山 典子

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会
社 内

 【氏名】 山口 拓郎

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会
社 内

 【氏名】 尾谷 敬造

【特許出願人】

 【識別番号】 000003997

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

 【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100102141

【弁理士】

【氏名又は名称】 的場 基憲

【電話番号】 03-5840-7091

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 061067

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9810101

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無段変速機用転動体およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いて構成した無段変速機において、前記転動体における転がり接触する部位の少なくとも 1 箇所の表層の微小硬度が $H_v 750$ 以上、表面圧縮残留応力が 1000MPa 以上、かつ表面残留オーステナイト量が 10% 以下であることを特徴とする無段変速機用転動体。

【請求項 2】 真空炉またはプラズマ炉で浸炭または浸炭窒化焼入れした後、ショットピーニングを施し、さらに研削仕上げを施すことを特徴とする請求項 1 記載の無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項 3】 質量%で $\text{Cr} : 1.2 \sim 3.2\%$ 、 $\text{Mo} : 0.25 \sim 2.0\%$ を含有する機械構造用部材に、浸炭または浸炭窒化焼入れを行った後、研削加工を施し、さらにショットピーニングおよび研削仕上げを施すことを特徴とする請求項 1 記載の無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項 4】 ショットピーニングに用いる投射材の平均粒径が 0.1mm 以下であることを特徴とする請求項 2 または請求項 3 記載の無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項 5】 ショットピーニング前の基材表面の硬さが $H_v 720$ 以上であることを特徴とする請求項 2 ないし請求項 4 のいずれかに記載の無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項 6】 ショットピーニング前の基材表面の硬さが $H_v 760$ 以下であることを特徴とする請求項 5 記載の無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項 7】 ショットピーニング前の基材の残留オーステナイト量が 20% 以上であることを特徴とする請求項 2 ないし請求項 6 のいずれかに記載の無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項 8】 ショットピーニング前の基材の残留オーステナイト量が 30% 以上であることを特徴とする請求項 7 記載の無段変速機用転動体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば自動車用の変速機として用いられるトロイダル式無段変速機などの無段変速機に使用される転動体に係わり、さらに詳しくは、転動疲労寿命の向上が可能な無段変速機用転動体と、このような転動体の製造方法に関するものである。

【従来の技術】

【 0 0 0 2 】

トロイダル式無段変速機は、例えば図 1 に示すような基本構造を有しており、図外のハウジング内に、入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 を備え、これら入出力ディスク 3, 1 1 が同軸上に相対向して配置されている。そして、入力ディスク 3 には、カム板 2 a、保持器 2 b およびローラ 2 c からなる押圧装置 2 を介して入力軸 1 が連結されていると共に、出力ディスク 1 1 には出力軸 1 2 が固定されている。

【 0 0 0 3 】

入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 は、略同一形状をなしてそれぞれ対称に配置され、それらの対向面が軸方向断面で見て、略半円形状となるようなトロイダル面に形成されている。そして、入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 の両トロイダル面 3 a および 1 1 a によって形成されるトロイダルキャビティ内には、入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 に接触する 1 対のパワーローラ（内輪） 7, 7 が配置されている。

【 0 0 0 4 】

各パワーローラ 7, 7 は、トラニオン 4 に支持された外輪 6 に玉軸受 8 を介して圧接された状態で、同じくトラニオン 4 に取付けられた枢軸 5 にニードルベアリング 9 を介してそれぞれ回転自在に枢着されると共に、入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 によって形成される半円形断面をなすトロイダル面 3 a および 1 1 a の中心となるピボット軸 1 0 を中心として傾動自在に支持されている。

【 0 0 0 5 】

そして、入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 とパワーローラ内輪 7, 7 と

の接触面には、粘性摩擦抵抗の大きい潤滑油（トラクションオイル）が供給され、入力ディスク 3 に入力される動力を潤滑油膜およびパワーローラ内輪 7, 7 を介して出力ディスク 1 1 に伝達するようになっている。

【0 0 0 6】

このように構成されたトロイダル式無段変速機においては、入力軸 1 が回転すると、その動力がカム板 2 a、保持器 2 b、ローラ 2 c を介して入力ディスク 3 に伝達されて入力ディスク 3 が回転する。この入力ディスク 3 の回転により発生した動力がパワーローラ 7, 7 を介して出力ディスク 1 1 に伝達され、出力ディスク 1 1 が出力軸 1 2 と共に一体回転する。

【0 0 0 7】

変速時には、図中に矢印で示すように、ピボット軸 1 0 を中心としてトラニオン 4, 4 を所定角度回転させ、パワーローラ 7, 7 の傾きを変化させる。これによってパワーローラ 7, 7 が入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 のトロイダル曲面 3 a, 1 1 a 上を傾転し、その結果、入力ディスク 3 および出力ディスク 1 1 のパワーローラ 7, 7 との接触位置（半径）が変化し、速度比が変わることによって無段階の減速あるいは増速が行われる。

【0 0 0 8】

このような無段変速機に使用されるパワーローラや入出力ディスクのような転動体としては、従来、例えば特開平 7 - 7 1 5 5 5 号公報、特開平 1 0 - 1 8 4 8 3 6 号公報等の開示されたものがある。また、浸炭鋼に研削仕上げ加工したもの（上記特開平 7 - 7 1 5 5 5 号公報、特開平 1 0 - 1 8 4 8 3 6 号公報等）を使用した従来例がある。

【0 0 0 9】

さらに、曲げ疲労強度の向上を目的として、表面異常層の残存する浸炭焼入れ部材に、直径 0. 1 mm 以下のショット玉を投射し、表面異常層をマルテンサイト変態させて、表面異常層をなくすようにした従来例が特開平 5 - 3 0 1 1 6 5 号公報に開示されている。

【0 0 1 0】

【発明が解決しようとする課題】

図 1 に示したトロイダル式無段変速機においては、ディスク、パワーローラがトラクションドライブをすることによって動力を伝達するようにしており、これを駆動した場合に、ディスク・パワーローラ間には高い押し付け荷重が加わるため、例えばパワーローラのベアリング溝部には、最大接触面圧が最大 3 G P a 以上にまで達する高い接触圧力を生じる。このような高面圧下では、ヘルツ接触により内部に発生するせん断応力がピークとなる深さ位置近傍で、介在物あるいは転動疲労による内部組織変化を起点として、亀裂が発生し、表層にまで亀裂が伝播することによって転走面が剥離に至ることがある。

【 0 0 1 1 】

また、例えばパワーローラベアリング溝部では、このような高面圧に加えて、通常の転がり軸受と異なり、トラクション力やラジアル方向荷重が負荷されながら転動するため、ミクロな金属接触を生じたり、あるいは転がり摩擦抵抗増大により表面接線力が増大し、表層が起点となる剥離を生じ、結果として、転動疲労寿命の低下を招く場合がある。

【 0 0 1 2 】

したがって、トロイダル式無段変速機などの無段変速機の大容量化あるいは小型化には、転走面表層の硬度アップ、あるいは亀裂伝播抵抗向上などにより、転動体の表層部の転動疲労強度を向上することが要求され、このような要望に対処することが無段変速機用転動体における従来の課題となっていた。

【 0 0 1 3 】

【発明の目的】

本発明は、従来の無段変速機用転動体における上記課題に着目してなされたものであって、トロイダル式無段変速機などの無段変速機用転動体であって、転動疲労寿命の向上が可能な転動体とその製造方法を提供することを目的としている。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係わる無段変速機用転動体は、請求項 1 に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いて構成した無段変速機において

、前記転動体における転がり接触する部位の少なくとも1箇所の表層の微小硬度がHv750以上、表面圧縮残留応力が1000MPa以上、かつ表面残留オーステナイト量が10%以下である構成としたことを特徴としており、無段変速機用転動体におけるこのような構成を前述した従来の課題を解決するための手段としている。

【0015】

本発明に係わる無段変速機用転動体の製造方法は、請求項2に記載しているように、真空炉またはプラズマ炉で浸炭または浸炭窒化焼入れを行った後、ショットピーニングを施し、さらに研削仕上げを施す構成とし、本発明に係わる無段変速機用転動体の製造方法の実施形態として、請求項3に係わる製造方法においては、質量%でCr:1.2~3.2%、Mo:0.25~2.0%を含有する機械構造用部材に、浸炭または浸炭窒化焼入れした後、研削加工を施し、さらにショットピーニングおよび研削仕上げを施す構成とし、同じく実施の形態として請求項4に係わる無段変速機用転動体の製造方法においては、ショットピーニングに用いる投射材の平均粒径が0.1mm以下である構成とし、請求項5に係わる無段変速機用転動体の製造方法においては、ショットピーニング前の基材表面の硬さがHv720以上である構成とし、請求項6に係わる製造方法においては、ショットピーニング前の基材表面の硬さがHv760以下である構成とし、請求項7に係わる製造方法においては、ショットピーニング前の基材の残留オーステナイト量が20%以上である構成とし、請求項8に係わる無段変速機用転動体の製造方法においては、ショットピーニング前の基材の残留オーステナイト量が30%以上である構成としたことを特徴としている。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明に係わる無段変速機用転動体は、無段変速機の転動体、すなわちディスクまたはパワーローラの転がり接触をする部位の少なくとも1箇所の表層の微小硬度をHv750以上、表面圧縮残留応力を1000MPa以上、かつ表面残留オーステナイト量を10%以下としたものである。ここで、ディスクまたはパワーローラ（転動体）の転がり接触をする部位とは、ディスク、パワーローラの接

触する面、すなわちトラクション面と、パワーローラ内輪および外輪のベアリング溝部を意味する。これらの部位の中で、より高い転動疲労強度が要求される部位は、パワーローラ内外輪のベアリング溝部およびパワーローラのトラクション面である。これら転走部の表層の微小硬度が $H_v 750$ 以上で、表面残留応力が 1000MPa 以上、かつ表面残留オーステナイト量が 10% 以下であるものとする事により、表面接線力増大などによる、表面起点剥離の亀裂発生が抑制され、かつ内部のせん断応力により内部起点亀裂の表層への伝播が抑制される。表層部の硬度や残留応力などが上記範囲外にある場合には、表面起点亀裂の発生および内部起点亀裂の伝播を抑制する作用が低下する。

【0017】

このような転動体は、請求項2に記載しているように、真空炉またはプラズマ炉で浸炭または浸炭窒化焼入れした後、ショットピーニングを施し、その後研削仕上げを施すことによって製造することが好ましい。すなわち、ショットピーニングという比較的簡便な方法によって表面の残留オーステナイトを加工誘起変態させ、マルテンサイト化することなどによって、転走部表層に圧縮残留応力を付与し、表面硬度を向上させることができ、無段変速機用転動体の上記品質を得ることができる。

【0018】

さらに、真空炉またはプラズマ炉で浸炭または浸炭窒化焼入れした部品にショットピーニングを行うと、圧縮残留応力付与、硬度アップの効果が向上し、かつ品質が安定化する。これはガス浸炭の場合と違って、真空炉またはプラズマ炉で浸炭または浸炭窒化焼入れした場合には部品表面に表面異常層（粒界酸化層）ができないことによる。表面に粒界酸化層が生じたものにショットピーニングを施すと、ショット後の品質、すなわち表面の圧縮残留応力および硬度にばらつきを生じやすくなる。

【0019】

また、ショットピーニングを施した部位においては、ショットピーニングによって面粗度が悪化するため、ショット後に研削超仕上げを施すのが好ましい。

【0020】

このような無段変速機用転動体は、また、請求項3に記載しているように、質量%でCr: 1.2~3.2%、Mo: 0.25~2.0%を含有する機械構造用部材に、浸炭または浸炭窒化焼入れした後、研削加工を施し、さらにショットピーニングおよび研削仕上げを施すことによって製造することが望ましい。

【0021】

転動体基材の鋼中Cr, Moは、基材中に炭化物を微細に分散させることによって基材そのものの強度を向上させるのに必要な成分である。Crは、 M_3C 型あるいは $M_{23}C$ 型の炭化物を形成するのに必要であるが、その作用を確実なものにする一方、コスト増や切削性の低下を避ける観点から質量比で1.2~3.2%の範囲とすることが好ましい。Moは、Crと同様に添加することにより炭化物を安定に析出させるために添加するものであるが、炭化物の安定化と、切削性低下およびコスト増を避ける観点から0.25~2.0%の範囲が好ましい。

【0022】

また、ガス浸炭またはガス浸炭窒化によって浸炭または浸炭窒化焼入れを行った場合に形成される表面異常層は、ショットピーニング後の品質の安定性に悪影響を与える恐れがあるため、熱処理後研削加工により表面異常層を除去した後にショットピーニングを施すのが望ましい。

【0023】

また、ショットピーニングを施した部位は、面粗度がショットピーニングによって悪化するので、研削超仕上げを施すのが望ましい。

【0024】

さらに、ショットピーニングに用いるショット（投射材）については、請求項4に記載しているように、平均粒径が0.1mm以下であることが望ましい。平均粒径が0.1mmを上回ると、ショットによって付与される圧縮残留応力および加工硬化のピーク位置が深くなることから、内部起点の亀裂の伝播は抑制されるものの、表面起点の亀裂の発生を抑制する効果が低下するので好ましくない。

【0025】

ショットピーニング前の基材硬さについては、請求項5に記載しているように

、その表面のビッカース硬さがHv720以上であることが望ましい。すなわち、ショット前の基材の表面硬度がHv720未満の場合には、後述する転動疲労試験において、平均寿命の向上代が小さくなってしまうことが判明したことによる。これは、ショット前の基材表面硬度がHv720未満であると、ショット後十分な圧縮残留応力および加工硬化が安定して得られなくなるためと考えられる。

【0026】

さらに、ショットピーニング前の基材表面硬さの上限については、請求項6に記載しているようにHv760であること、すなわち表面硬さがHv720～760の範囲にあることがより望ましい。ショット前の基材表面の硬度がHv720～760の範囲であると、後述する転動疲労試験において、平均寿命の向上代が最も大きく、寿命のばらつきも小さくなることが判明した。つまり、ショット前の基材表面硬度がHv760を上回ると、寿命向上は認められなくはないものの、基材に対する寿命の向上代が低下する。これは、ショット前の基材表面の硬度がHv760を超えると、基材に分散析出した炭化物の面積率が増し、残留オーステナイト量が減少することなどによって、ショットによって十分な圧縮残留応力および加工硬化が安定して得られなくなることによると考えられる。

【0027】

また、ショットピーニング前の基材の残留オーステナイト量については、請求項7に記載しているように、20%以上であることが好ましい。すなわち、ショット前の残留オーステナイト量が多いと、後述する転動疲労試験において、寿命のばらつきが小さくなる傾向が認められた。ショットピーニングによって、残留オーステナイトが強靱な加工誘起マルテンサイトに変態し、転走部表層に圧縮残留応力を付与し、表面硬度をアップさせることができるが、残留オーステナイト量が20%以上であると、加工誘起変態させるべき残留オーステナイトが多いため、上記の効果が安定して十分に得られやすいことによるものと考えられる。なお、ショット前の残留オーステナイト量については、請求項8に記載しているように30%以上であると、さらに好ましい結果が得られる。

【0028】

さらに、ショット前のビッカース硬さがHv720以上で、かつ残留オーステナイト量が20%以上であることがより一層好ましい。すなわち、後述する転動疲労試験によれば、ショットピーニング前の硬さは主に寿命向上に寄与し、硬さが高いと平均寿命が大きく向上する。一方、ショット前の残留オーステナイト量は、主に寿命のばらつき低下に寄与し、残留オーステナイトが多いと転動疲労寿命のばらつきが小さくなる傾向があることが判明した。つまり、ショットピーニング前のビッカース硬さがHv720以上、かつ残留オーステナイト量が20%以上であると長寿命でしかも寿命のばらつきが小さくなる傾向が認められた。

【0029】

【発明の効果】

本発明の請求項1に係わる無段変速機用転動体は、転がり接触する部位の少なくとも1箇所の表層の微小硬度がHv750以上、表面圧縮残留応力が1000MPa以上、かつ表面残留オーステナイト量が10%以下であることから、表面起点の亀裂の発生を抑制すると共に、内部起点の亀裂の表層への伝播を抑制することができ、当該転動体の転動疲労強度を向上させることができるという極めて優れた効果をもたらすものである。

【0030】

本発明の請求項2に係わる無段変速機用転動体の製造方法においては、真空炉またはプラズマ炉で浸炭または浸炭窒化焼入れ後、ショットピーニングを施し、その後研削仕上げを施すようにしているので、粒界酸化層が形成されず、転動体の表層部に圧縮残留応力を付与すると共に、表面硬度を向上させることができ、本発明に係わる無段変速機用転動体を簡便に製造することができ、本発明の請求項3に係わる無段変速機用転動体の製造方法においては、Cr:1.2~3.2%、Mo:0.25~2.0%を含有する機械構造用部材に、浸炭または浸炭窒化焼入れした後、研削加工を施し、さらにショットピーニングおよび研削仕上げを施すようにしているので、転動体の基材中に炭化物を微細かつ安定に分散析出させて基材の強度を向上させることができ、同様に本発明に係わる無段変速機用転動体を製造することができるという極めて優れた効果がもたらされる。

【0031】

本発明に係わる無段変速機用転動体の製造方法実施の一形態として、請求項4に係わる製造方法においては、ショットピーニングに用いる投射材の平均粒径が0.1mm以下であることから、ショットピーニングによって生じる圧縮残留応力および加工硬化のピーク位置が適当なものとなり、表面起点の亀裂を効果的に抑制することができ、請求項5に係わる転動体の製造方法においては、ショットピーニング前の基材表面のビッカース硬さがHv720以上であり、請求項6に係わる転動体の製造方法においては、ショットピーニング前の基材表面のビッカース硬さがHv760以下であることから、転動体の平均寿命のばらつきを大きくすることなく、平均寿命を十分に向上させることができ、請求項7に係わる無段変速機用転動体の製造方法においてはショットピーニング前の基材の残留オーステナイト量が20%以上であり、請求項8に係わる無段変速機用転動体の製造方法においてはショットピーニング前の基材の残留オーステナイト量が30%以上であることから、ショットピーニングによって残留オーステナイトを強靱な加工誘起マルテンサイトに変態させることができ、転動寿命のばらつきを小さくすることができるというさらに優れた効果がもたらされる。

【0032】

【実施例】

以下に、本発明の実施例を挙げて、その有用性を比較例と対比して示す。なお、当該実施例において、表面微小硬度、表面ビッカース硬度、および転動疲労寿命については、以下の方法に基づいて測定した。

【0033】

〔表面微小硬度測定方法〕

マイクロビッカース硬度測定器（新日本製鉄製全自動マイクロビッカース硬度MF-IV2000）を用いて、圧針の押付け荷重を10gという低荷重とし、断面の深さ方向の硬度分布を測定し、最表面から深さ5μmの位置の測定値を表面微小硬度と定義した。

【0034】

平均粒径0.1mm以下の投射材を用いてショットピーニングを行った場合、ショットによる加工硬化によって、基材の表層の硬度が増す。硬度のピーク値は

深さ約 1 0 ~ 3 0 μ m の浅い位置になるため、3 0 0 g 程度の通常の測定荷重 (J I S G 0 5 5 7) では圧痕が大きすぎてその硬度を正確に測定することが難しい。したがって、ショット後の表面微小硬度は上記方法に基づいて荷重 1 0 g で測定した。

【 0 0 3 5 】

〔ビッカース硬度測定方法〕

上記したマイクロビッカース硬度測定器を用いて、圧針の押付け荷重を 3 0 0 g とし、断面の深さ方向の硬度分布を測定し、最表面から深さ 5 0 μ m の位置の測定値を表面ビッカース硬度と定義した (J I S G 0 5 5 7) 。

【 0 0 3 6 】

〔転動疲労寿命評価方法〕

図 2 に示すスラスト型転動疲労試験機を用いて転動疲労寿命を評価した。6 0 m m 径 \times 5 m m 厚のテストピース S をそれぞれ 4 個作成し、4 回の繰り返し試験を実施した。図に示すように、テストピース S は 1 0 0 $^{\circ}$ C (3 7 3 K) のトラクションオイル 2 1 中で、3 個の鋼製軸受球 (9 . 5 m m 径) 2 2 に対して 5 . 2 3 G P a のスラスト荷重を受けつつ接触するようになっており、軸回転数は 2 0 0 0 r p m とした。測定結果のワイブルプロットをとり、それぞれ L 5 0 寿命と、寿命のばらつきを表すワイブル係数を求めた。

【 0 0 3 7 】

実施例 1 ~ 7

素材として、表 1 に示す組成の鋼材を用いて粗加工を施した後、プラズマ浸炭炉またはガス浸炭炉にて、図 3 に示す熱処理条件のもとに浸炭焼入れ焼戻しを行った。このとき、浸炭と拡散の時間比率、および焼入れ温度 8 5 0 $^{\circ}$ C における保持時間をそれぞれ調整することによって表面硬さおよび残留オーステナイト量をコントロールした。

【 0 0 3 8 】

【表 1】

材 料	化学成分 (mass%)						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V
A 3 2	0. 2	1. 0	0. 3	2	2	0. 7	0. 2

【0039】

次に、上記熱処理を施したこれら試料に研削、ショットピーニングおよび超仕上げを施し、前記サイズのテストピース S（転動体）を作成した。

【0040】

このときの研削取り代はガス浸炭品でも表面異常層（粒界酸化層）が完全に除去されるように 0. 2 mm とした。ショットピーニングにおける投射材は平均粒径 $60\ \mu\text{m}$ のスチールビーズを用い、投射距離: 120 mm、投射圧: $3\sim 5\ \text{kg}/\text{cm}^2$ 、投射時間: 30~120 秒の範囲で投射条件を変化させてショットピーニングを実施した。また、超仕上げ時の取り代については、約 $10\sim 30\ \mu\text{m}$ を狙い、加工完成後の表面粗さが $R_a: 0. 03$ 程度となるようにした。

【0041】

表 2 に、ショット前後の品質、熱処理条件、加工工程と共に、スラスト試験による転動疲労寿命評価結果（L50 寿命およびワイブル係数）を示す。

【0042】

また、これらの結果から、ショット前の表面ビッカース硬度と L50 寿命の関係を整理したグラフを図 4 に、ショット前の表面残留オーステナイト量と L50 寿命の関係から、さらに残留オーステナイト量とワイブル係数の関係を整理したグラフを図 5 にそれぞれ示す。

【0043】

実施例 8

実施例 3 と同じ条件で浸炭焼入れ焼戻しを行った後、研削加工を施すことなく、上記各実施例と同様の条件でショットピーニングおよび超仕上げ加工を施すことによりテストピース S を得た。そのショット前後の品質および転動疲労試験結

果を表2に併せて示す。

【0044】

実施例9

ガス浸炭炉により浸炭したことを除いて、上記実施例1～7と同様の条件で研削、ショットピーニングおよび超仕上げ加工を施して、テストピースSを得た。そのショット前後の品質および転動疲労試験結果を表2に併せて示す。

【0045】

実施例10

ショットピーニングに際して、平均粒径300 μ mのスチールビーズからなる投射材を用いたことを除いて、上記実施例9と同様の条件で研削、ショットピーニングおよび超仕上げ加工を施すことによりテストピースSを得た。そのショット前後の品質および転動疲労試験結果を表2に併せて示す。

【0046】

比較例1

実施例3と同じ条件で浸炭焼入れ焼戻しした後、ショットピーニングを施すことなく、上記各実施例と同様の条件で研削加工および超仕上げ加工を施すことによりテストピースSを得た。そのショット前後の品質および転動疲労試験結果を表2に併せて示す。

【0047】

比較例2

ガス浸炭炉により上記実施例9および10と同じ条件で浸炭焼入れ焼戻しを行い、研削加工によって表面異常層（粒界酸化層）を除去した後、ショットピーニングを施すことなく、超仕上げ加工を施すことによってテストピースSを得た。そのショット前後の品質および転動疲労試験結果を表2に併せて示す。

【0048】

比較例3

ガス浸炭炉により上記実施例9および10と同じ条件で浸炭焼入れ焼戻しした後、研削加工を施すことなく、ショットピーニングおよび研削超仕上げを施すことによりテストピースSを得た。そのショット前後の品質および転動疲労試験結

果を表2に併せて示す。

【0049】

【表2】

区分	転動体品質			転動体製造方法		ショット前転動体品質		耐久試験結果		
	表面微小 硬度 (HV0.01)	表面圧縮 残留応力 (MPa)	残留オーステン イト量 (%)	熱処理	加工工程	ショット粒 平均粒径 (μm)	表面ビッカ ース硬度 (HV 0.3)	残留オーステン イト量 (%)	L50寿命 (cycle)	ワイトル係数
実施例1	769	1050	<5	ガラスマ浸炭 1	研削→S/P→ 超仕上げ	60	670	14	3.65E+07	1.8
実施例2	783	1100	<5	ガラスマ浸炭 2	研削→S/P→ 超仕上げ	60	699	15	4.57E+07	1.6
実施例3	846	1250	6	ガラスマ浸炭 3	研削→S/P→ 超仕上げ	60	705	22	6.50E+07	3.5
実施例4	800	1140	<5	ガラスマ浸炭 4	研削→S/P→ 超仕上げ	60	723	15	9.87E+07	2.8
実施例5	894	1450	7	ガラスマ浸炭 5	研削→S/P→ 超仕上げ	60	736	34	1.05E+08	5.5
実施例6	905	1530	<5	ガラスマ浸炭 6	研削→S/P→ 超仕上げ	60	750	27	9.40E+07	4.1
実施例7	860	1290	<5	ガラスマ浸炭 7	研削→S/P→ 超仕上げ	60	770	21	7.95E+07	2.9
実施例8	830	1100	<5	ガラスマ浸炭 3	S/P→超仕上 げ	60	712	24	5.83E+07	3.3
実施例9	810	1350	<5	ガス浸炭1	研削→S/P→ 超仕上げ	60	735	28	7.21E+07	3.3
実施例10	760	1080	8	ガス浸炭1	研削→S/P→ 超仕上げ	300	735	28	3.39E+07	2.0
比較例1	705	620	22	ガラスマ浸炭 3	研削→超仕上 げ	-	705	22	2.60E+07	1.3
比較例2	735	680	28	ガス浸炭1	研削→超仕上 げ	-	735	28	2.95E+07	2.8
比較例3	712	800	<5	ガス浸炭1	S/P→研削超 仕上げ	60	640	19	1.89E+07	3.3

【0050】

表2の結果から明らかなように、本発明に係わる実施例1～10の転動体においては、比較例1～3に比べて転動疲労寿命が大幅に向上していることが確認された。

【0051】

また、図4のグラフから、ショット前の表面硬さが平均寿命と良い相関を示し、ショット前の表面硬さが高いほど平均寿命が向上する傾向があり、Hv720～760の範囲で最長寿命が得られることが確認された。

【0052】

さらに、図5のグラフからは、ショット前の表面ショット前の表面硬さがワイブル係数と良い相関を示し、ショット前の表面残留オーステナイト量が多いほどワイブル係数が上昇し、寿命のばらつきが減少する傾向があることが確認された。したがって、ショット前の表面硬さがHv720以上で、かつ残留オーステナイト量が20%以上のものに、平均粒径0.1mm以下の投射材でショットピーニングを施すことによって、長寿命かつ、寿命ばらつきの少ない転動疲労強度に優れた転動体を得られることが判明した。

【図面の簡単な説明】

【図1】

トロイダル式無段変速機の基本構造を示す断面説明図である。

【図2】

本発明の実施例において用いたスラスト型転動疲労試験機の構造を示す概略説明図である。

【図3】

本発明の実施例において採用した熱処理条件のヒートパターンを示す図である。

【図4】

ショット前の転動体素材の表面硬さとL50寿命の関係を示すグラフである。

【図5】

ショット前の転動体基材の表面残留オーステナイト量とワイブル係数の関係を

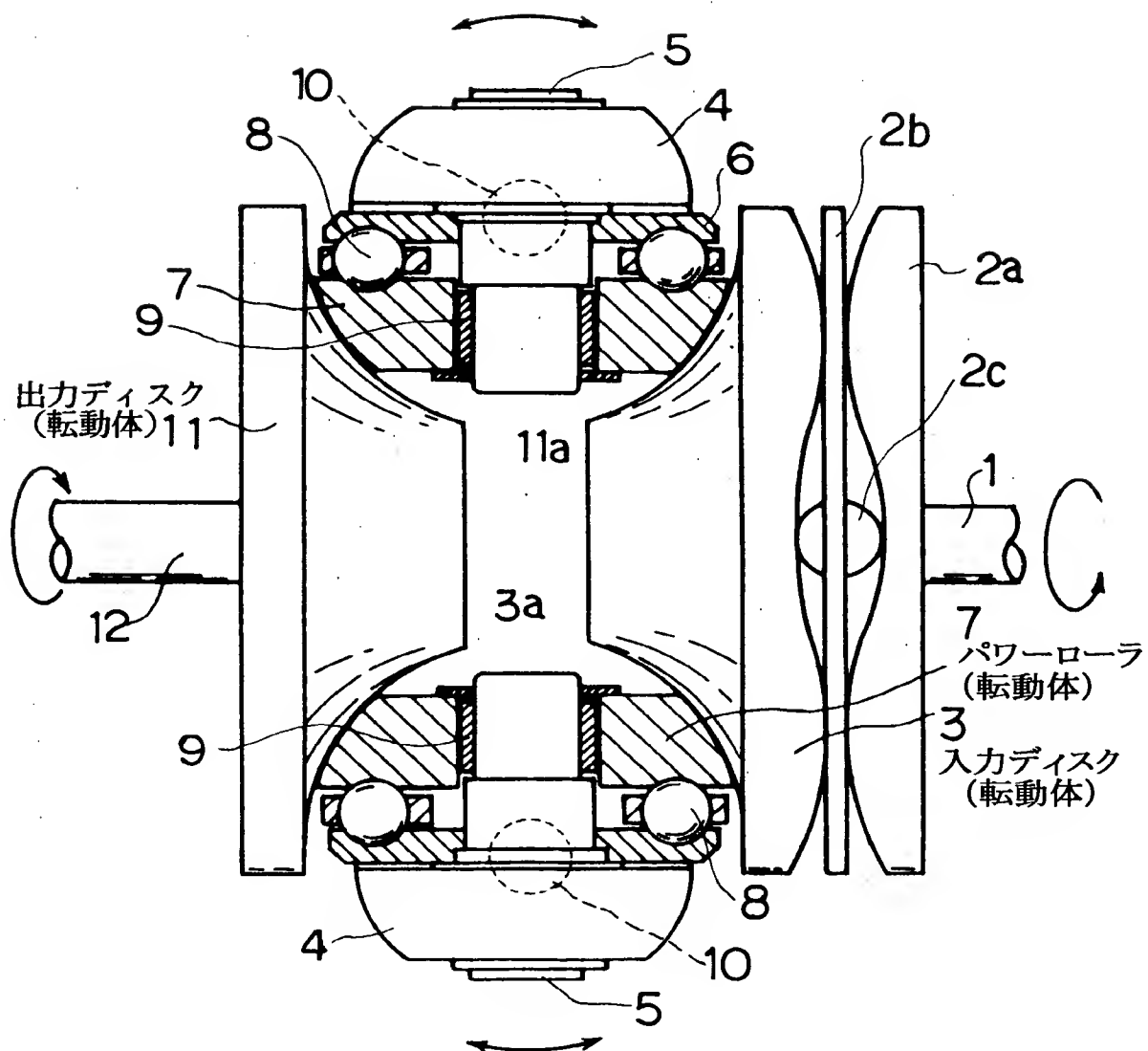
示すグラフである。

【符号の説明】

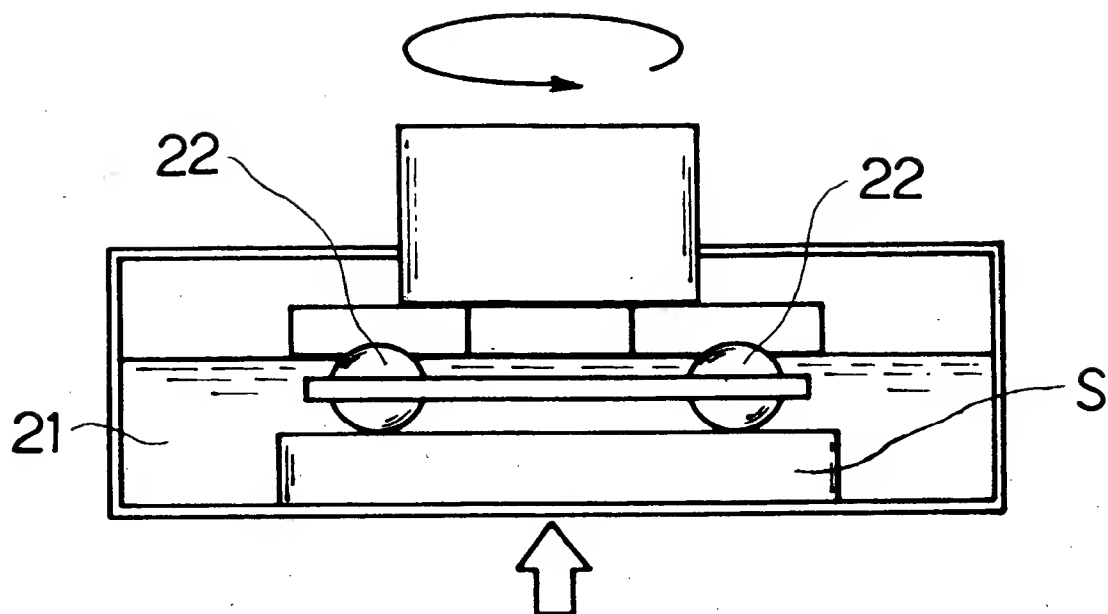
- 3 入力ディスク（無段変速機用転動体）
- 7 パワーローラ（無段変速機用転動体）
- 1 1 出力ディスク（無段変速機用転動体）

【書類名】 図面

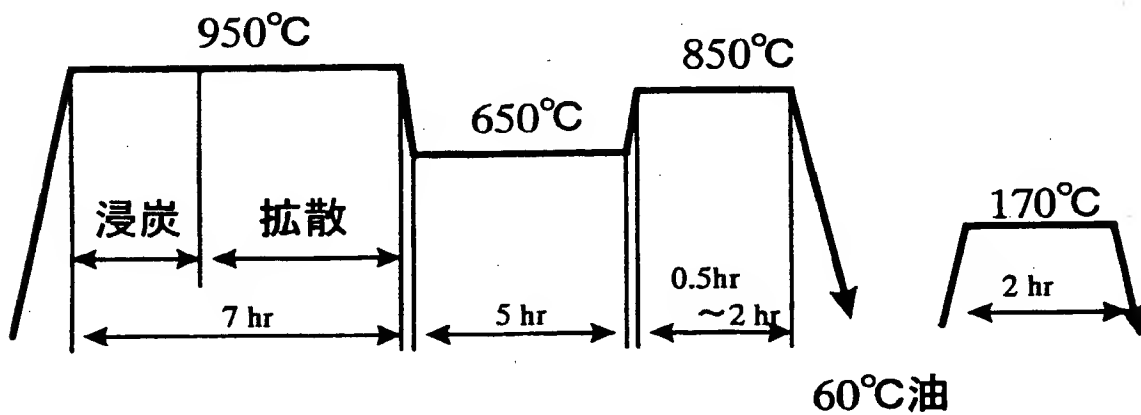
【図 1】



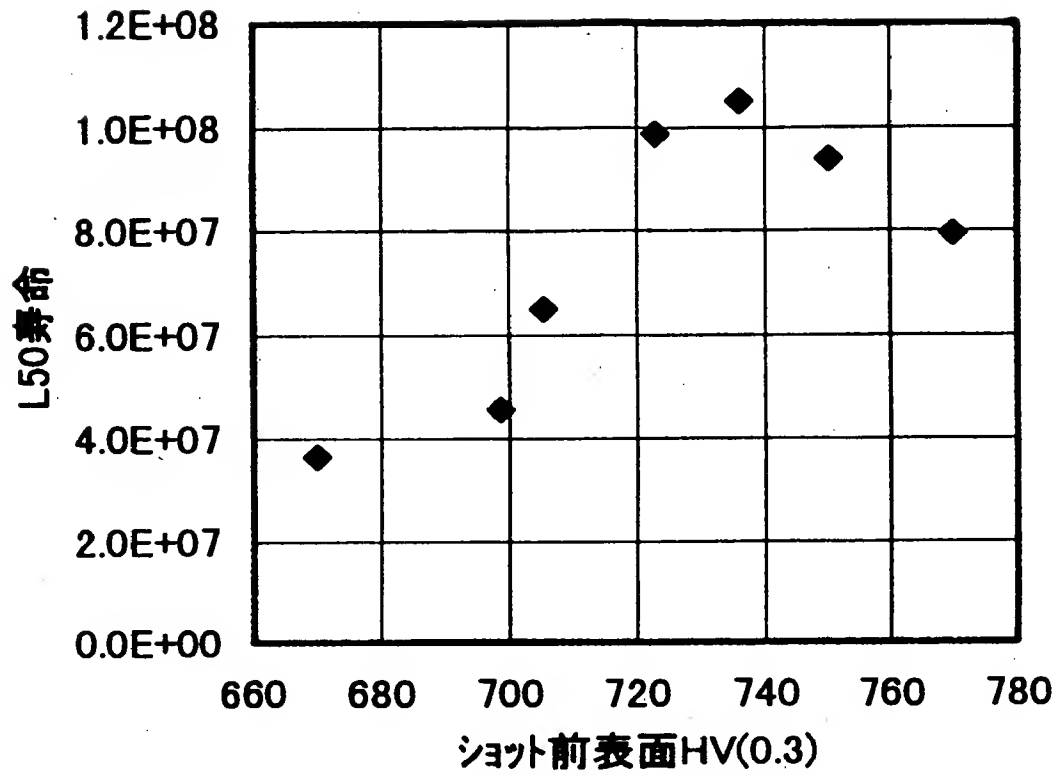
【図 2】



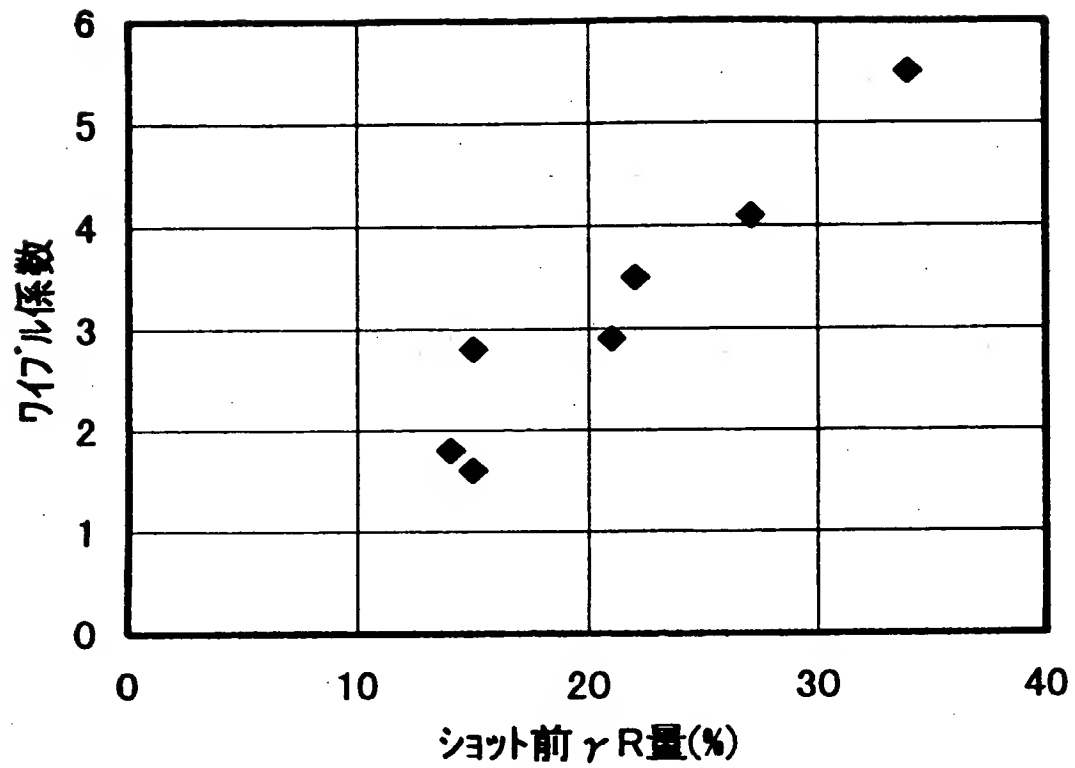
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 トロイダル式無段変速機などの無段変速機用転動体であって、転動疲労寿命に優れると共に、そのばらつきが少ない転動体と、このような転動体の製造方法を提供する。

【解決手段】 無段変速機用転動体における転がり接触をする部位の少なくとも1箇所の表層微小硬度をHv750以上、表面圧縮残留応力を1000MPa以上、さらに表面残留オーステナイト量を10%以下とする。

【選択図】 なし

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003997]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
氏 名 日産自動車株式会社